

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-92881

(43)公開日 平成9年(1997)4月4日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 33/00			H 0 1 L 33/00	C
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平7-242245

(22)出願日 平成7年(1995)9月21日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 藤本 英俊

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 西尾 譲司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(74)代理人 弁理士 外川 英明

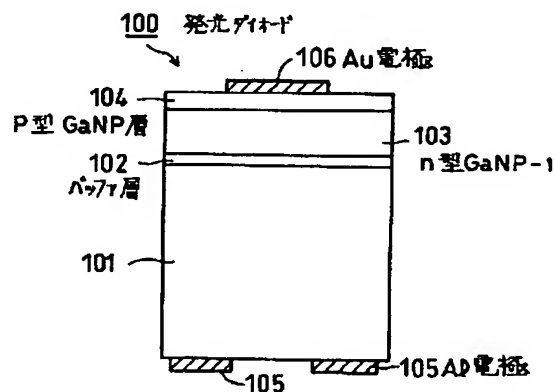
(54)【発明の名称】 化合物半導体装置

(57)【要約】

【目的】本発明は信頼性の高い窒化物化合物半導体装置を提供することを目的とする。

【構成】窒化物化合物半導体装置(100)の成長用基板(101)として導電性を有するアルミニウム酸化物を用いる。この基板に導電性を持たせるための一つの方法として不純物を添加する。

【効果】基板に導電性があるため、積層構造における表面に現われていない内部層への電気的接触を取るためのエッチング処理などを必要としない。そのため、エピタキシャル層を加工することによる損傷を与えることなく、素子を形成することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 結晶性基板と、この結晶性基板上に形成された窒化物化合物半導体膜とを具備する化合物半導体装置において、前記結晶性基板が導電性を有するアルミニウム酸化物の多結晶からなることを特徴とする化合物半導体装置。

【請求項2】 単結晶基板と、この単結晶基板上に形成された窒化物化合物半導体膜とを具備する化合物半導体装置において、前記単結晶基板が導電性を有するアルミニウム酸化物の単結晶からなることを特徴とする化合物半導体装置。

【請求項3】 上記請求項1および2において、該アルミニウム酸化物からなる基板が導電性を有するための不純物を内含することを特徴とする化合物半導体装置。

【請求項4】 結晶性基板と、この結晶性基板上に形成された窒化物化合物半導体膜とを具備する化合物半導体装置において、前記結晶性基板が積層構造であって、下地がカーボン含有のアルミニウム酸化物、その上の層がシリコンカーバイトで、両者共導電性を示すものであることを特徴とする化合物半導体装置。

【請求項5】 結晶性基板と、この結晶性基板上に形成された窒化物化合物半導体膜とを具備する化合物半導体装置において、前記結晶性基板が導電性であって、前記半導体膜が赤、緑、青色発光を示すような材料若しくは不純物がドーパされ、多色発光をなすことを特徴とする化合物半導体装置。

【請求項6】 結晶性基板と、この結晶性基板上に形成された窒化物化合物半導体膜とを具備する化合物半導体装置において、前記結晶性基板が導電性であって、前記半導体膜が積層され、その積層された半導体膜が基板側から赤色、緑色、青色発光をなす材料で構成され、多色発光可能にしたことを特徴とする化合物半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は発光ダイオードやレーザダイオードに適用可能な基板上に窒化物化合物半導体膜を形成してなる化合物半導体装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在、青色あるいは紫色の発光ダイオード用の材料として、一般式が AlGaInN で表わされる窒化物化合物半導体が知られている。従来、この材料系は主として有機金属気相成長法（以下、MOCVD法）により、アルミニウム（Al）と酸素（O）との単結晶であるサファイア基板上に成長されている。このような窒化物半導体素子においては、サファイア基板に導電性がないため、基板上に積層した構造では表面に現われていない層への電気的接触を図る際に、素子の一部をエッチングするなどの処理が必要である。通常このような処理は、積層構造にさまざまな損傷を与えるため、素子の信頼性が著しく低下するという問題点があった。ま

た、素子の横方向に電気を流す必要があるため、素子内部の抵抗によって発光が不均一になり、電界が特定領域に集中し、その領域から素子劣化が進みやすいという問題点も生じていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来の窒化物化合物半導体素子においては、成長用の基板に導電性がないことから、エッチング処理による損傷や、素子構造に起因する特定部位への電界集中による素子の劣化という問題点があった。そこで本発明は以上の問題点に鑑みなされたもので、成長用基板の改良をはかった化合物半導体装置を提供するものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、窒化物化合物半導体の成長用基板として導電性基板を用いたことを特徴とするものである。

【0005】

【作用】本発明によれば、基板が導電性を有しているため、エッチングなどの処理を必要としないため、このような処理自身や処理によって生じる層構造における特定部位への電界集中を起こさせることなく素子を形成することができる。又、発光ダイオードの場合は比較的簡単に多色化も可能となる。

【0006】

【実施例】本発明の実施例を図面を参照しながら以下に説明する。

（実施例1）図1に本発明の第1の実施例に関わる発光ダイオード100の構造断面図を示す。発光ダイオード100では、アルミナ（ Al_2O_3 ）を主成分とし、これに不純物として炭素を適量添加した多結晶101を基板とした。

【0007】導電性基板101の製法としては焼結などの方法がとられる。例えば、市販の平均粒径0.2 μm 程度のアルミナ粉末を出発点とし、アルミナ製ボールおよび各種の溶剤とともにアルミナ製ボットで湿式混合粉碎した。このようにして得られたスラリーに対して、溶剤に室温または加熱して溶解した有機化合物をスラリー中のアルミナ粉末に対して5%になるように添加した。これらをアルミナ製容器で攪拌しながら乾燥し、平均粒径100 μm 程度の混合粉末を得た。この混合粉末を黒鉛ボードに充填し、窒素中、3℃/分の一定速度で900℃まで昇温してアルミナ粉末の表面にカーボンを被覆した混合粉末を得た。この混合粉末をアルミナ製ボール、アルミナ製ボットおよびメタノールを用いて再び湿式混合粉碎し成形溶剤としてパラフィンを添加した。ついで、これらの混合粉末を1000 kg/cm^2 の圧力下で成形した後、非酸化性雰囲気下あるいは真空中で600℃、4時間放置した後、1500℃で2時間保持して焼結した。このようにして得た焼結体を、さらに1500気圧、アルゴン雰囲気中、1350℃で30分間静

水圧のホットプレスした。この焼結体を $300\mu\text{m}$ 厚にスライスして基板101とした。炭素の量としては透過率などの光学特性から20%以下が望ましい。

【0008】発光ダイオード100は導電性アルミナ基板101の上に周知の有機金属気相成長法(MOCVD法)などによって、厚さ200オングストローム(以下Aと記述する)のAlNからなるバッファ層102、厚さ $3\mu\text{m}$ のn型GaN層103、厚さ $1\mu\text{m}$ のp型GaN層104がこの順で積層したものである。アルミナ基板101は炭素を展開することにより導電性を有していることから、エッチング処理をすることなしに発光ダイオードチップ100を形成することが出来る。電極としては基板側にAl電極105、p型GaN層側にAu電極106を形成している。このような素子においては、導電性のない従来のサファイア基板を用いた場合と比較して、輝度に変化は見られないが、信頼性に約1桁の改善が見られた。

【0009】尚、本実施例においては炭素添加アルミナ基板101に直接AlNバッファ層102を設けたが、基板101として炭素添加アルミナ上にシリコンカーバイドを形成したものを用い、その上にAlNバッファ層を形成すれば、基板とバッファ層の密着性が高まり、さらに信頼性が向上する。

【0010】(実施例2)図2に本発明の実施例に関わる発光ダイオード200の構造断面図を示す。発光ダイオード200では、 Al_2O_3 単結晶に導電性を持たせるための不純物としてSiを1%程度添加したもの201を成長用基板として用いている。

【0011】導電性 Al_2O_3 単結晶201の製法としては、チョクラスキー法によって製造される。例えば、純度5Nのアルミナ粉末と純度9NのSiチャンク(重量比10%)とをイリジウムのつばに入れRF加熱(高周波誘導加熱)によってアルミナの融点である 2040°C 以上に昇温し融液を作る。この融液に(0001)面のサファイア単結晶を種結晶として、速度 2mm/h で引き上げる。この時の雰囲気は窒素(N_2)に2%程度の酸素(O_2)を加えたものが望ましい。この程度の添加量では、母材である Al_2O_3 単結晶の品質を損ねることなく導電性を確保することは可能であった。そのため、不純物の量としては0.1%以上かつ15%以下であることが望ましい。

【0012】この Al_2O_3 単結晶基板201の主面上201aに厚さ 600\AA のAlN層202、厚さ $4\mu\text{m}$ のn型GaN層203、厚さ $1\mu\text{m}$ のp型GaN層204がこの順で積層されている。p型GaN層204は発光層としても働く。結晶成長後、オーミック電極として Al_2O_3 導電性単結晶基板201およびp型GaN層204に対してそれぞれAl膜205およびIn膜206をおのおの $1\mu\text{m}$ の厚さで形成した。

【0013】以下に、上記発光ダイオード200の製造

方法を順に説明する。この発光ダイオード200は、MOCVD法によって製造された。キャリアガスとして水素(H_2)を、原料ガスとしてトリメチルガリウム($(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$) (以下、TMGと記す)、トリメチルアルミニウム($(\text{CH}_3)_3\text{Al}$) (以下、TMAと記す)、アンモニア(NH_3)、シラン(SiH_4)、ビスシクロペンタジエニルマグネシウム($(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg}$) (以下、 Cp_2Mg と記す)を用いた。

【0014】まず、有機洗浄および酸洗浄によって表面を洗浄した Al_2O_3 導電性単結晶基板201をMOCVD装置の反応室に載置させた加熱可能なサセプタ上に装着する。

【0015】次に、常圧で H_2 を 20L/分 流しながら、 1100°C で約10分間、 Al_2O_3 導電性単結晶基板201の一面201aを気相エッチングした。次に、 Al_2O_3 基板201を 600°C まで降温、保温し、 H_2 を 10L/分 、 NH_3 を 5L/分 、TMAを 25cc/分 の量でそれぞれ流すことにより、AlN層202を約5分形成した。

【0016】次に、 Al_2O_3 基板201を 1050°C まで昇温・保温し、 H_2 を 10L/分 、 NH_3 を 5L/分 、TMGを 25cc/分 、 SiH_4 を 10cc/分 それぞれ流すことによりn型GaN層203を約1時間形成した。

【0017】次に、 Al_2O_3 基板201を 1050°C で保温したまま、 H_2 を 10L/分 、 NH_3 を 5L/分 、TMGを 25cc/分 、 SiH_4 を 1cc/分 、 Cp_2Mg を 100cc/分 それぞれ流すことによりp型GaN層204を約15分形成した。

【0018】 Al_2O_3 基板201を室温まで降温した後MOCVD装置から取り出し、周知の真空蒸着法を用いて、Al膜205およびIn膜206をおのおの $1\mu\text{m}$ の厚さで形成した。かかる後、窒素雰囲気中、 300°C の熱処理を施し、オーミック電極とした。

【0019】かかる発光ダイオード200における各層のキャリア濃度は、n型GaN層202が $3\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 、p型GaN層203が $2\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ である。このようにして形成された発光ダイオード200を $350\mu\text{m}$ 角の大きさに切り分け、ステム上にマウント、モールドし、ランプが完成する。このようにして形成された発光ダイオードは、従来のサファイア基板を用いた場合の同様の構造の発光ダイオードと比較して、通電劣化が起こりにくく、寿命を約1桁改善することができた。

【0020】本実施例の場合も単結晶基板上にバッファ層102を形成する前に、MOCVD法等によりSiC或いはSiGe層を形成すれば、より信頼性の高い発光ダイオードを得ることができる。

【0021】(実施例3)図3に本発明の第3の実施例に関わる発光ダイオード300の構造断面図を示す。発光ダイオード300はAlとOとからなる導電性の単結

晶301が成長用基板として用いられている。この単結晶基板301は、導電性を持たせるための不純物として銅を2%程度添加している。この単結晶基板301上に厚さ500ÅのGa_{0.9}N層302、厚さ4μmのn型Ga_{0.9}N層303、厚さ1000ÅのInGa_{0.9}N層304、厚さ5000Åのp型Ga_{0.9}N層305がこの順で形成されている。成長には周知のMOCVD法でもMBE法でも可能である。電極としては、単結晶基板301に対してAl膜306を、p型Ga_{0.9}N層305に対してIn-Zn膜307を周知の真空蒸着法等で形成し、膜形成後、熱処理などをほどこすことにより、電極金属膜/単結晶(基板あるいはエピタキシャル層)間の結合を起こさせ、良好なオーミック電極とした。本実施例における発光ダイオードでは、発光層に用いられるInGa_{0.9}N層中のInの組成比によって、その発光波長を変えることができる、Inの量が0.3以下の範囲で用いられることが、結晶性あるいはIn濃度の制御性の点からはすぐれている。また、基板への不純物としては、さらにイットリウムを加えることが望ましい。このことにより光学的な透過率が増し、外部量子効率の上昇を見込むことができる。原子比で10~20%添加することが望ましく、この時に光学的な透過率は添加しないときと比較して大きな値をとる。

【0022】(実施例4)図4に本発明の第4の実施例であるレーザダイオード400の構造断面図を示す。レーザダイオード400では、AlとOとからなる導電性の単結晶を基板として用いている。この単結晶基板401は、導電性を有するための不純物としてCが0.5%程度添加されている。この基板401上に厚さ500ÅのAl_{0.9}N層402、厚さ3μmのn型Ga_{0.9}N層403、厚さ1μmのn型AlGa_{0.9}N層404、厚さ1000Åのアンダー層Ga_{0.9}N層405、厚さ1μmのp型AlGa_{0.9}N層406、厚さ1μmのp型Ga_{0.9}N層407がこの順で形成されている。キャリア濃度は順に、n型Ga_{0.9}N層403が $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、n型AlGa_{0.9}N層404が $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、アンダー層Ga_{0.9}N層405が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、p型AlGa_{0.9}N層406が $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、p型Ga_{0.9}N層407が $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。また、AlGa_{0.9}N層404および406におけるAl組成比は0.3である。このレーザダイオード400では従来のサファイア基板を用いた場合と異なり、エッチングなどによってn型Ga_{0.9}N層への電気的接触をはかる必要がないため、エピタキシャル成長層402~407に損傷を与えることがない。そのため、信頼性が従来のレーザダイオードに比べて、約1桁の改善を見ることができた。

【0023】(実施例5)図5に本発明の第5の実施例であるレーザダイオード500の構造断面図を示す。レーザダイオード500では、AlとOとからなる導電性結晶501を基板として用いており、導電性を持たせる

ための不純物としてSiが0.2%程度含まれている。この基板501上にAl_{0.9}N層502(厚さ300Å)、n型Ga_{0.9}N層503(厚さ2μm、キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、n型AlGa_{0.9}N層504(厚さ2000Å、Al組成比0.3、キャリア濃度 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)、n型AlGa_{0.9}N層505(厚さ2000Å、Al組成比0.15、キャリア濃度 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)、アンダー層Ga_{0.9}N層506(厚さ300Å)とアンダー層InGa_{0.9}N層507(厚さ200Å、In組成比0.1)とによる3重量子井戸構造、p型AlGa_{0.9}N層508(厚さ2000Å、Al組成比0.15、キャリア濃度 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)、p型AlGa_{0.9}N層509(厚さ2000Å、Al組成比0.3、キャリア濃度 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)、p型Ga_{0.9}N層510(厚さ5000Å、 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)が、周知のMOCVD法またはMBE法(分子線エピタキシー法)によって形成されている。このような素子においては波長400nm、しきい電流値3kA/cm²で室温連続発振が生じた。

【0024】(実施例6)図6に本発明の第6の実施例に関わる発光ダイオード600の構造断面図を示す。発光ダイオード600では、アルイナ(Al₂O₃)を主成分とし、これに不純物としてTiCを適量添加した多結晶601を基板とした。基板の製法は実施例1に記載した方法と同様である。TiCの添加量は抵抗値の傾向より、原料粉末の混合時の重量比で30%以上であることが望ましい。これより少ない場合には比抵抗が $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ と高抵抗を示す。40%以上80%以下である時がより望ましい。

【0025】導電性アルミナ基板601上には、基板とエピタキシャル成長層との格子不整合を緩和するためのGa_{0.9}Nバッファ層602(厚さ0.1μm)、n型Ga_{0.9}N電子電流注入層603(厚さ4μm、Siドーパ、キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、n型InGa_{0.9}N発光層604(In組成比0.06、厚さ0.1μm、Si、Znドーパ)、p型AlGa_{0.9}N正孔電流注入層605(Al組成比0.15、厚さ0.5μm、Mgドーパ、キャリア濃度 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)、p型Ga_{0.9}Nコンタクト層605(Mgドーパ、厚さ0.3μm、キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)がこの順で積層されている。また、オーミック電極としては、基板601側に厚さ2μmのAu電極607を、またp型Ga_{0.9}N層606側にはNi:2000Å、Au:2μmの積層構造608を用いた。

【0026】上述した実施例では基板として半導体を用いることのできる青色の発光ダイオード(紫外も含む)、青色半導体レーザ(同様紫外も含む)について説明したが、例えば青色発光ダイオードが上述の如く上下より電極を取り出すことが可能であれば、簡単に多色の発光ダイオード引いてはディスプレイを得ることができる。具体的に説明すると、導電性のアルミナ基板上にA

【発明の効果】以上、述べてきたように窒化物化合物半導体の結晶成長用基板として、導電性基板を用いることにより、積層構造表面に現れていない内部層への電気的接触を取るためのエッチング処理などが必要としない。そのため、積層構造素子に対して損傷を与えることが加工することが可能であるため、素子の諸特性も向上し、また信頼性の向上を図ることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例である発光ダイオードの構造断面図

【図2】 本発明の第2の実施例である発光ダイオードの構造断面図

【図3】 本発明の第3の実施例である発光ダイオードの構造断面図

【図4】 本発明の第4の実施例であるレーザダイオードの構造断面図

【図5】 本発明の第5の実施例であるレーザダイオードの構造断面図

【図6】 本発明の第6の実施例であるレーザダイオードの構造断面図

【符号の説明】

100…発光ダイオード

101…導電性アルミナ基板

102…バッファ層

103…n型GaIn層

104…P型GaIn層

105…Al電極

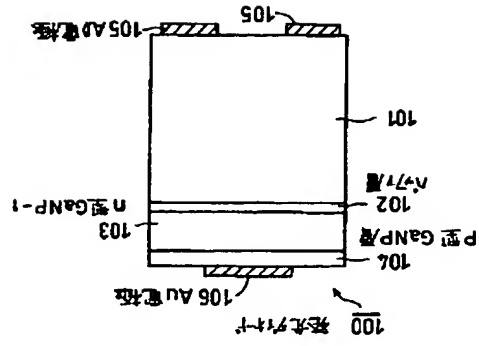
106…Au電極

1Nバッファ層を形成し、その上にInGaIn層を形成し、そのInGaIn層の一部にPをドープし、個々に分離すれば、AlP-ドーパの所は青、Pドーパの所は赤、何もドーピングしない所は緑の発光が可能となる。このように、赤、緑、青の発光が可能になれば、発光ダイオードでフルカラーの多色ディスプレイが得られるようになる。そして本発明の場合、基板が導電性であるため、上述の如く上下より電極を取り出すことが可能となり、多色ディスプレイにするための配線も液晶ディスプレイと同じようにできる。したがって、自発光の発光ダイオードで液晶ディスプレイのような種々の表示が可能となり、視野角の大きい表示装置を得ることができる。

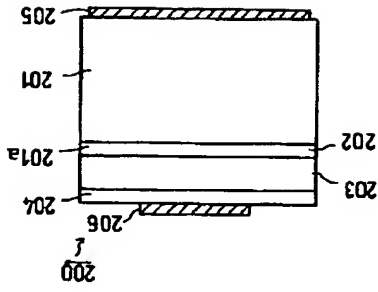
【0027】また多色の発光ダイオードを得る場合、必ずしも隣接して赤、緑、青を発光する必要なく、材料を工夫して縦方向に積層しても良い。この場合、導電性のアルミナ基板上にバッファ層を設け、その上にP-n接合をなすInGaInP層、P-n接合をなすInGaIn層、P-n接合をなすInAlGaIn層を順次形成し、基板側から赤、緑、青を発光させるようにするか、不純物のドーピングで多色を発光させるようにしても良い。

【0028】上記実施例では発光素子について説明したが、高耐圧のパワーデバイスなどの電子デバイスへの実用も可能である。また、本発明の本旨である導電性のアルミニウム酸化物を逸脱しない限り、導電性を持つための主たる不純物以外にも不純物元素を添加することは可能である。

【0029】

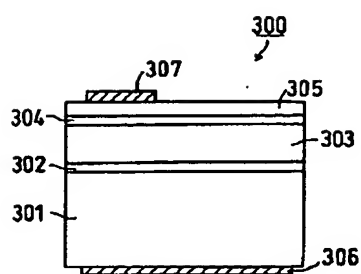


【図1】

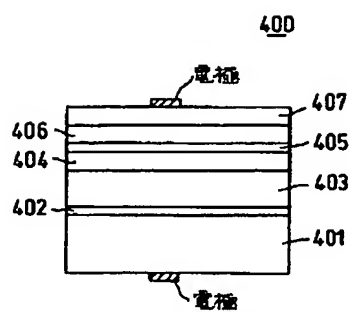


【図2】

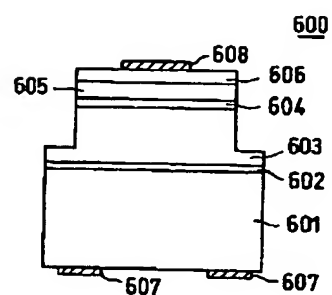
【図3】



【図4】



【図6】



【図5】

